

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-228114

(43)Date of publication of application : 29.08.1995

(51)Int.Cl.

B60G 17/015

(21)Application number : 06-019424

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 16.02.1994

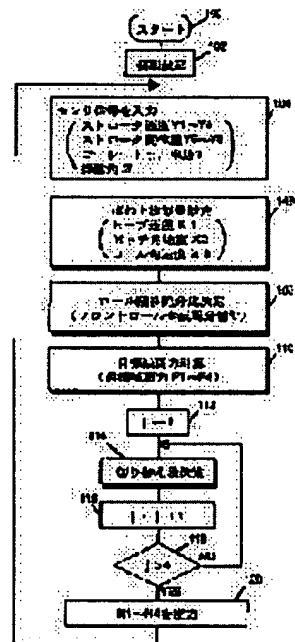
(72)Inventor : YAMAOKA MASAOKI

(54) ELECTRIC CONTROL DEVICE FOR SHOCK ABSORBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide good maneuverability at the time of turning a vehicle by changeover-controlling the damping coefficient of a shock absorber.

CONSTITUTION: The heave speed X1, pitch angular speed X2 and roll angular speed X3 of a vehicle body are estimated by means of Kalman filter computation which employs stroke speed Y1-Y4 and preset damping force F1-F4 of a shock absorber (step 106). Based on yaw rate (γ) and vehicle speed V and steering angle θ_f , the target roll rigidity distribution ratio of front and rear wheels is determined so that an actual yaw rate may be equal to a target yaw rate (step 108). Prescribed damping force is applied to the respective speed X1, X2, X3, and the damping force F1-F4 are determined so that the roll rigidity distribution of the front/rear wheels may be the target roll rigidity distribution (step 110). The damping coefficient of the shock absorber is changeover-controlled according to stroke speed-damping force characteristics which employs a fold line approximation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-228114

(43) 公開日 平成7年(1995)8月29日

(51) Int.Cl.⁶

B 6 0 G 17/015

識別記号

庁内整理番号

A 8710-3D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平6-19424

(22) 出願日 平成6年(1994)2月16日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 山岡 正明

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

車株式会社内

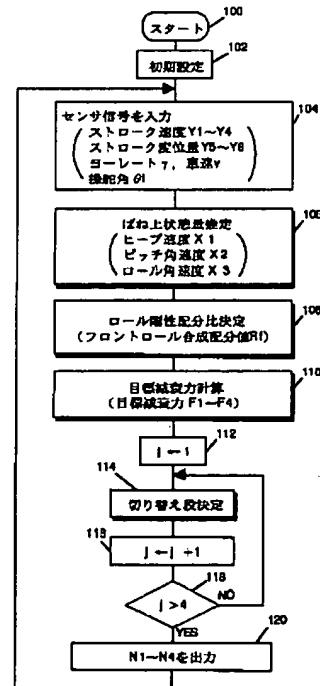
(74) 代理人 弁理士 長谷 照一 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ショックアブソーバのための電気制御装置

(57) 【要約】

【目的】 ショックアブソーバの減衰係数を切り替え制御することにより、車両旋回時の操安性を良好にする。

【構成】 車体のヒープ速度 X_1 、ピッチ角速度 X_2 及びロール角速度 X_3 を、ストローク速度 $Y_1 \sim Y_4$ とショックアブソーバ12a~12dの設定減衰力 $F_1 \sim F_4$ を用いたカルマンフィルタ演算により推定する(ステップ106)。ヨーレート γ 、車速 V 及び操舵角 θ_f に基づいて、実ヨーレートが目標ヨーレートに等しくなるように、前後輪の目標ロール剛性配分比を決定する(ステップ108)。前記各速度 X_1, X_2, X_3 に対して所定の減衰力を付与するとともに、前後輪のロール剛性配分が目標ロール剛性配分になるように減衰力 $F_1 \sim F_4$ を決定する(ステップ110)。折れ線近似を用いたストローク速度-減衰力特性にしたがって、ショックアブソーバ12a~12dの減衰係数を切り替え制御する(ステップ112~120)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各車輪と車体との間にそれぞれ介装され電氣的に制御されて減衰係数を複数の切り替え段のいずれかに切り替え可能なショックアブソーバのための電気制御装置において、

車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度をそれぞれ検出するばね上状態量検出手段と、

車両の旋回走行状態量を検出する旋回走行状態量検出手段と、

各車輪位置における車体の各車輪に対するストローク速度をそれぞれ検出するストローク速度検出手段と、
前記検出した車両の旋回走行状態量に基づいて車体の実ヨーレートが目標ヨーレートになるように前輪と後輪との目標ロール剛性配分比を決定するロール剛性配分比決定手段と、

前記検出したヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度と前記決定した目標ロール剛性配分比とに基づいて、
同ヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度に対して所定の減衰力を付与するとともに、前輪と後輪とのロール剛性配分比を同決定した目標ロール剛性配分比になるような各ショックアブソーバの目標減衰力を計算する減衰力計算手段と、

前記検出した各ストローク速度及び前記計算した各目標減衰力に基づいて各ショックアブソーバの切り替え段を決定する切り替え段決定手段と、

各ショックアブソーバの減衰係数を前記決定した切り替え段に制御する制御手段とを備えたことを特徴とするショックアブソーバのための電気制御装置。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載のばね上状態量検出手段を、各ショックアブソーバの設定減衰力と前記検出した各ストローク速度とを用いたカルマンフィルタ演算により、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度を推定する推定手段で構成したことを特徴とするショックアブソーバのための電気制御装置。

【請求項 3】 前記請求項 1 に記載のばね上状態量検出手段を、

各車輪位置における車体の各車輪に対するストローク変位量を検出するストローク変位量検出手段と、

前記検出したストローク変位量及び各ショックアブソーバの設定減衰力に基づいて、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度を推定するカルマンフィルタ演算手段とで構成したことを特徴とするショックアブソーバのための電気制御装置。

【請求項 4】 前記請求項 1 に記載のショックアブソーバを可変オリフィスとリーフバルブの液路抵抗により減衰力を発生するように構成するとともに、同可変オリフィスの絞り量を種々に変更することによりショックアブソーバの減衰係数を複数の切り替え段に切り替えるようにしてなり、

前記切り替え段決定手段を、前記切り替え段毎に所定の

ストローク速度を境に異なる傾きを有する折れ線で近似したショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性にしたがい、前記検出した各ストローク速度及び前記計算した各目標減衰力に基づいて各ショックアブソーバの減衰係数の切り替え段を決定する近似手段で構成したことを特徴とするショックアブソーバのための電気制御装置。

【請求項 5】 前記請求項 4 に記載の近似手段で用いた各折れ線における傾きを前記所定のストローク速度以上の領域で一定にしたことを特徴とするショックアブソーバのための電気制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車体の姿勢変化に応じて各輪位置のショックアブソーバの減衰係数を切り替え制御して、車両の乗り心地及び操安性を良好にするショックアブソーバのための電気制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の装置は、例えば特開平 3-276807 号公報及び特開平 3-276808 号公報に示されているように、各輪位置におけるばね上速度成分（車体の路面に対する上下速度）を加速度センサの検出値を積分演算することによってそれぞれ計算し、この計算した各ばね上速度成分を車体のヒープ、ピッチ、ロール及びワープの各運動量に分解し、これらの分解した各運動量に旋回のような車両の走行状態に応じた重み付けをした後に同各運動量を再合成して、この再合成したばね上速度を用いてショックアブソーバの減衰係数を切り替え制御することにより、車体の姿勢を制御するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の装置においては、車体のヒープ、ピッチ及びロールの各運動を別々に制御できるので、車両の走行状態やドライバの好みに応じた車両の運動を実現できるが、車両の操安性の他の一つの指標であるヨーの制御、すなわち車両のアンダステア、オーバステアなどのステアリング特性を制御することができないという問題がある。また、他の問題点としては、ばね上部材（車体）の加速度を検出する加速度センサの検出値を積分演算することにより、各ばね上速度成分を計算しているが、ばね上部材の加速度を精度よく検出することは難しく、この計算したばね上速度成分には大きな誤差が含まれる場合がある。

【0004】

【発明の目的及び特徴】本発明の目的は、車体のヒープ、ピッチ及びロールの各運動を別々に制御して車両の操安性及び乗り心地を良好にするとともに、車両のヨー運動すなわちステアリング特性を制御して車両の操安性をさらに良好にしたショックアブソーバのための電気制御装置を提供することにある。この目的を達成するため

に、本発明の構成上の特徴は、上記従来技術における車体のワーブ速度による制御に代えて前輪と後輪とのロール剛性配分比による制御を採用し、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度に対して所定の減衰力を付与するとともに、車体の実ヨーレートを目標ヨーレートに等しくする目標ロール剛性配分比に前輪と後輪とのロール剛性が配分されるように、各ショックアブソーバの減衰係数を制御するようにしたことにある。

【0005】また、本発明の他の目的は、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度すなわちばね上速度成分を精度よく検出できるようにすることにある。この目的を達成するために、本発明の他の構成上の特徴は、ショックアブソーバの設定減衰力と車体の車輪に対するストローク変位量又はストローク速度とを用いたカルマンフィルタ演算により、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度を推定するようにしたことにある。

【0006】さらに、本発明の他の目的は、目標減衰力を得るために、ショックアブソーバの減衰係数の切り替えを簡単かつ精度よく制御することにある。この目的を達成するために、ショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性を良好に表す折れ線近似にしたがい、車体の車輪に対するストローク速度及び設定されるべき目標減衰力に基づいてショックアブソーバの減衰係数の切り替え段を決定するようにしたことにある。

【0007】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を用いて説明すると、図1は車体BDの左右前後位置にて各車輪WHをそれぞれ懸架したサスペンション装置10A~10Dを備えた車両全体を概略的に示している。サスペンション装置10A~10Dは車体BDを弾性的に支承するスプリング11a~11dをそれぞれ備えると同時に、車体BDの上下運動に減衰力を付与するショックアブソーバ12a~12dをそれぞれ備えている。

【0008】ショックアブソーバ12a~12dは車輪WHと車体BDとの間に介装され、図2に示すように、車輪WHに接続したロワーアームに下端にて固定された外部シリンダ22及び内部シリンダ23と、内部シリンダ23内に上下動可能に挿入されて上端にて車体BDに固定されたロッド24とを備えている。ロッド24の下端部には円筒状に形成した段付きのスリーブ25が固定されており、同スリーブ25の小径の下部外周上には内部シリンダ23内を上下室R1、R2に液密的に区画するピストン26が固定されている。上下室R1、R2はピストン26内に設けた油路26a、26bを介して連通するとともに、スリーブ25内に設けた油路25a~25dを介して連通するようになっている。

【0009】油路26aの下部開口端には下方へのみ開くリーフバルブ27aが組み付けられており、同バルブ27aはピストン26が上方へ移動する際にのみ上室R

1から下室R2の作動油の移動を許容する。油路26bの上部開口端には上方へのみ開くリーフバルブ27bが組み付けられており、同バルブ27bはピストン26が下方へ移動する際にのみ下室R2から上室R1の作動油の移動を許容する。スリーブ25の油路25bの内周上には外周面にテーパ部31aを形成してなる円筒状のオリフィス部材31が上下方向に摺動可能に收容されており、同オリフィス部材31はその上下動によりテーパ部31aとスリーブ25の油路25bの周壁との間に形成したオリフィスの絞り量を連続的に変更可能にしている。そして、このショックアブソーバ12a~12dにおいては、リーフバルブ27a、27b及びオリフィスを通過する作動油に対する通路抵抗により減衰力が付与されるようになっているとともに、オリフィスの変更により減衰係数が切り替えられるようになっている。

【0010】このオリフィス部材31は駆動ロッド32の下部に固定されており、同ロッド32の上端部は多数のボールを介してナット33に螺合している。ナット33はアクチュエータを構成するステップモータ34により回転駆動され、その回転により駆動ロッド32及びオリフィス部材31を上下動させる。ステップモータ34はナット33を内周面上に固定したロータ34aと、同ロータ34aの外周上に周方向に沿って所定間隔で固定した複数の永久磁石34bと、同磁石34bに対向して環状に所定間隔で配設した複数のコイル34cとからなる。そして、ショックアブソーバ12a~12dの減衰係数が、ロータ34aのn個の回転位置に対応してn段階に切り替えられるようになっている。なお、nは2以上の整数である。

【0011】次に、上記のようなショックアブソーバ12a~12dの各ステップモータ34A~34D（前述したショックアブソーバ12a~12dのステップモータ34と同じ）を制御する電気制御装置について説明する。この電気制御装置は、図3に示すように、ストロークセンサ41a~41d、ヨーレートセンサ42、車速センサ43及び操舵角センサ44を備えている。

【0012】ストロークセンサ41a~41dは各ショックアブソーバ12a~12dに組み付けられて、各輪位置における車体（ばね上部材）BDと車輪WH及びロワーアーム（ばね下部材）との距離を表すストローク変位量Y5、Y6、Y7、Y8をそれぞれ検出して同変位量Y5、Y6、Y7、Y8を表す検出信号を出力する。これらのストロークセンサ41a~41dには微分器45a~45dがそれぞれ接続されており、同微分器45a~45dはストローク変位量Y5、Y6、Y7、Y8をそれぞれ微分して、車体（ばね上部材）BDの車輪WH及びロワーアーム（ばね下部材）に対する相対速度を表すストローク速度Y1、Y2、Y3、Y4を表す信号を出力する。なお、ストロークセンサ41a~41dは、左前輪、左後輪、右後輪及び右前輪の位置にそれぞれ対応している。ヨーレートセンサ42は車

体のヨーレート γ （左回転方向が正で表され、かつ右回転方向が負で表される）を検出して、同ヨーレート γ を表す検出信号を出力する。車速センサ43は変速機の出力軸の回転、車輪の回転速度の平均値又は全車輪のうちの従動輪の回転速度の平均値を検出することにより車速 V を検出して、同車速 V を表す検出信号を出力する。操舵角センサ44は操舵軸に設けられて操舵ハンドルの基準位置からの回転角又はラックバーの基準位置からの変位量を検出することにより、同回転角に対応した操舵角 θf （左回転方向が正で表され、かつ右回転方向が負で表される）を表す検出信号を出力する。

【0013】これらの各センサ41a～41d、42～44及び各微分器45a～45dにはマイクロコンピュータ46が接続されている。マイクロコンピュータ46はメインプログラム（図4）、そのサブプログラム（図5、8、11、12）及びテーブル化された各種データを予め記憶しており、前記プログラムの実行によりショックアブソーバ12a～12dの減衰係数を n 段階にそれぞれ切り替え制御するための制御信号を出力する。マイクロコンピュータ46には駆動回路47a～47dが接続されており、同駆動回路47a～47dは前記各制御信号に応答してステップモータ34A～34Dの回転を制御する。

【0014】次に、上記のように構成した実施例の動作を説明すると、マイクロコンピュータ46はステップ100にて「メインプログラム」の実行を開始し、ステップ102にて各種変数データを初期値に設定する。例えば、各ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段 $N1 \sim N4$ は「1」に設定される。この初期設定処理後、ステップ104～120からなる処理を繰り返し実行する。ステップ104においては、微分器45a～45d、ストロークセンサ41a～41d、ヨーレートセンサ42、車速センサ43及び操舵角センサ44から、ストローク速度 $Y1 \sim Y4$ 、ストローク変位量 $5 \sim Y8$ 、ヨーレート γ 、車速 V 及び操舵角 θf を表す各検出信号を入力する。次に、ステップ106にてばね上状態量としての車体B Dのヒープ速度 $X1$

、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ を推定するための「ばね上状態量推定処理ルーチン」を実行する。

【0015】この「ばね上状態量推定処理ルーチン」の詳細は図5に示されているが、同ルーチンの説明の前に、「ばね上状態推定処理ルーチン」の処理にて利用される推定方法について説明しておく。この推定方法は車両の数学的モデルに基づいてカルマンフィルタ演算を利用するもので、図15に示す車両の数学的モデルによれば、各種物理量は下記数1のような離散システムで表現され得る。

【0016】

$$\text{【数1】 } X[n+1] = A X[n] + B U[n] + G W[n]$$

$$Y[n] = C X[n] + D U[n] + V[n]$$

ここで、 A は 14×14 の定数行列であり、 B は 14×4 の定数行列であり、 G は 14×8 の定数行列であり、 C は 4×14 の定数行列であり、 D は 4×4 の定数行列であり、 $V[n]$ は 4×1 のノイズを示す縦ベクトルである。また、 $X[n]$ 、 $Y[n]$ 、 $W[n]$ 、 $U[n]$ は、下記数2に示すように、変数に関する 14×1 、 4×1 、 8×1 、 4×1 の列ベクトルである。

【0017】

$$\text{【数2】 } X[n] = [X1 \ X2 \ X3 \ X4 \ X5 \ X6 \ X7 \ X8 \ X9 \ X10 \ X11 \ X12 \ X13 \ X14]^T$$

$$Y[n] = [Y1 \ Y2 \ Y3 \ Y4]^T$$

$$W[n] = [XG1 \ XG2 \ XG3 \ XG4 \ VG1 \ VG2 \ VG3 \ VG4]^T$$

$$U[n] = [U1 \ U2 \ U3 \ U4]^T$$

なお、 $X1 \sim X3$ はそれぞれ車体重心位置のヒープ速度、ピッチ角速度、ロール角速度であり、 $X4 \sim X7$ はそれぞれ各車輪位置でのストローク変位量であり、 $X8 \sim X11$ はそれぞれ各車輪重心点での上下方向速度であり、 $X12 \sim X14$ はそれぞれ左前後輪及び右後輪のタイヤ変形量であり、 $Y1 \sim Y4$ はそれぞれ観測量として各車輪位置における車体B Dの各車輪 WH に対する上下方向速度を表すストローク速度であり、 $XG1 \sim XG4$ はそれぞれ各車輪位置における路面の上下方向変位量であり、 $VG1 \sim VG4$ はそれぞれ各車輪位置における路面の上下方向速度であり、 $U1 \sim U4$ はそれぞれショックアブソーバ12a～12dの各設定減衰力である。なお、右前輪のタイヤ変形量を使用しないのはカルマンフィルタの設計上の問題であり、車輪に関する物理量 $X8 \sim X15$ のうちの一つであればどの一つの物理量を省略するようにしてもよい。

【0018】この数1の表現システムにおいてはショックアブソーバ12a～12dの各設定減衰力 $U1 \sim U4$ を採用して同アブソーバ12a～12dの切り替え段 $N1 \sim N4$ を採用しないようにしたので、ショックアブソーバ12a～12dにおける各ストローク速度 $Y1 \sim Y4$ に対する各設定減衰力 $U1 \sim U4$ の特性が非線形であるにもかかわらず、見かけ上はシステムは線形となる。これにより、カルマンフィルタのゲイン L を求めることができる。ここで、観測量としてストローク速度 $Y1 \sim Y4$ を採用しているので、前記数1に表現したシステムは現代制御理論による可観測状態であり、言い換えれば観測量すなわちストローク速度 $Y1 \sim Y4$ により車両全ての状態量が推定可能である。さて、前記ゲイン L を用いて、前記数1の一般式を解くと、観測更新値 $X'[n+1]$ 及び時間更新値 $X''[n]$ は下記数3に示すようになる。

【0019】

【数3】

$$X'[n] = X''[n] + L(Y[n] - C X''[n] - D U[n])$$

$$X''[n] = A X'[n] + B U[n]$$

したがって、ストローク速度 $Y[n]$ 及び減衰力 $U[n]$ が解れば、観測更新値 $X'[n+1]$ 及び時間更新値 $X''[n]$ を計算することができる。この場合、観測更新値 $X'[n+1]$ 及び

時間更新値 $X'[n]$ は共に推定された状態ベクトルを表し、同ベクトルの第1～3要素 $X'1 \sim X'3$ 又は $X''1 \sim X''3$ はそれぞれ車体BDのヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度を表すことになる。

【0020】この場合、ストローク速度 $Y[n]$ ($Y1 \sim Y4$)は観測量であるが、ショックアブソーバ12a～12dの各設定減衰力 $U[n]$ ($U1 \sim U4$)は観測量ではない。しかも、各設定減衰力 $U1 \sim U4$ は、図6に示すように、各ストローク速度 $Y1 \sim Y4$ に対して非線形特性を示す。そこで、本願実施例においては、各設定減衰力 $U1 \sim U4$ を、各ショックアブソーバ12a～12dにて設定されている切り替え段 $N1 \sim N4$ とストローク速度 $Y1 \sim Y4$ とを用いた近似法により計算することにする。

【0021】この近似法について説明すると、ショックアブソーバ12a～12dは、オリフィス部材31によるオリフィスとリーフバルブ27a、27bを通過する作動油に対する両通路抵抗により減衰力を発生している。リーフバルブ27a、27bは自己付勢力を有するので、減衰力 F が小さい(ストローク速度 Y が小さい)ときには、作動油は主に前記オリフィスを通過して、ストローク速度 Y に対する減衰力 F の特性はオリフィスの絞り量に依存する。一方、減衰力 F が大きい(ストローク速度 Y が大きい)ときには、作動油は主にリーフバルブ27a、27bを通過して、ショックアブソーバ12a～12dのストローク速度 Y に対する減衰力 F の特性はリーフバルブ27a、27bの特性に依存する。したがって、ストローク速度 Y の全域に渡るショックアブソーバ12a～12dの特性は、図6に示すように、所定のストローク速度 $Y0$ を境にオリフィス領域R1及びリーフバルブ領域R2、R3に分割することができる。そして、各領域R1～R3におけるショックアブソーバ12a～12dの各切り換え段 N ($=1 \sim n$)毎のストローク速度 Y に対する減衰力 F の変化カーブを、図7の実線で示すように折れ線近似することができる。その結果、本願の実施例においては、ショックアブソーバ12a～12dの減衰力 F を、同アブソーバ12a～12dの各切り換え段 N 毎に、下記数4を用いて近似計算することにする。

【0022】

【数4】

$$F(N) = a_0(N)$$

・ Y …オリフィス領域R1

$$F(N) = a_1(N)$$

・ $Y - b_1(N)$ …リーフバルブ領域R2

2

$$F(N) = a_1(N)$$

・ $Y + b_1(N)$ …リーフバルブ領域R3

3

ここで、 $a_0(N)$ 、 $a_1(N)$ はオリフィス領域R1及びリーフバルブ領域R2、R3における折れ線の各傾きをそれぞれ表し、 $-b_1(N)$ 、 $+b_1(N)$ はリーフバルブ領域R2、R3における折れ線の y 軸との切片を表し、括弧内の N は1～ n に渡って変化するショックアブソーバ12

a～12dの各切り替え段を表す。

【0023】ふたたび、前記説明のカルマンフィルタ演算を用いた図5に示す「ばね上状態量推定処理ルーチン」の説明に戻る。マイクロコンピュータ46はステップ200にて同ルーチンの実行を開始し、ステップ202にて変数 j を「1」に設定した後、ステップ204～214からなる循環処理を変数 j が「4」になるまで繰り返し実行して、前記入力したストローク速度 $Y1 \sim Y4$ に基づいてショックアブソーバ12a～12dの各減衰力 $U1 \sim U4$ を計算する。この場合、前記折れ線近似における各定数 $a_0(N)$ 、 $a_1(N)$ 、 $b_1(N)$ ($N=1 \sim n$)はマイクロコンピュータ46内のROMに予め記憶されている。前記入力したストローク速度 Yj ($j=1 \sim 4$)がオリフィス領域R1にあれば ($|Yj| \leq Y0$)、ステップ204、206の処理により、減衰力 Uj は値 $a_0(Nj)$

・ Yj に設定される。

なお、ショックアブソーバ12a～12dの切り換え段 Nj を表す値は後述するステップ114の「切り換え段決定ルーチン」又は前記ステップ102の初期設定処理により設定される値を利用する。また、前記入力したストローク速度 Yj ($j=1 \sim 4$)がリーフバルブ領域R2にあれば ($Yj < -Y0$)、ステップ204、208の処理により、減衰力 Uj は値 $a_1(Nj)$

・ $Yj - b_1(Nj)$ に設定される。

さらに、前記入力したストローク速度 Yj ($j=1 \sim 4$)がリーフバルブ領域R3にあれば ($Yj > Y0$)、ステップ204、210の処理により、減衰力 Uj は値 $a_1(Nj)$

・ $Yj + b_1$

(Nj) に設定される。

【0024】このようなステップ204～214の処理後、マイクロコンピュータ46はステップ216にてカルマンフィルタ演算を実行して、車体BDのヒープ速度 $X1$ 、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ を推定する。この場合、各種実験、シミュレーションにより決定されたゲイン L はマイクロコンピュータ46内のROM内に予め記憶されているので、前記ステップ104の処理により入力したストローク速度 $Y1 \sim Y4$ 及び前記ステップ206～210にて計算した減衰力 $U1 \sim U4$ に基づき、観測更新値 $X'[n+1]$ 及び時間更新値 $X''[n]$ が計算される。観測更新値 $X'[n+1]$ 及び時間更新値 $X''[n]$ の第1～3要素 $X'1 \sim X'3$ 又は $X''1 \sim X''3$ はそれぞれ車体BDのヒープ速度 $X1$ 、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ を表しているので、第1～3要素 $X'1 \sim X'3$ 又は $X''1 \sim X''3$ により車体BDのヒープ速度 $X1$ 、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ が推定される。そして、ステップ218にてこの「ばね上速度推定ルーチン」の実行を終了する。

【0025】なお、前記実施例においては観測量としてストローク速度 $Y1 \sim Y4$ を採用したが、このストローク速度 $Y1 \sim Y4$ に代えてストローク変位量 $Y5 \sim Y8$ を用いても、前記数1に表現したシステムは現代制御理論による可観測状態にあり、言い換えれば観測量すなわちストローク変位量 $Y5 \sim Y8$ により車両全ての状態量が推定可能である。したがって、前記ステップ216の処理にて、スト

ロック速度Y1～Y4に代えてストローク変位量Y5～Y8を用いたカルマンフィルタ演算を実行して、車体B Dのヒープ速度X1、ピッチ角速度X2及びロール角速度X3を推定するように本願実施例を変形してもよい。

【0026】さらに、ショックアブソーバ12a～12dのオリフィスの絞り量の切り換え制御には遅れが生じることもある。この遅れが車体B Dのヒープ速度X1、ピッチ角速度X2及びロール角速度X3の推定に影響を与えるような場合には、ショックアブソーバの切り換え段Njを表す値として、前記遅れ時間に応じて前回の切り換え段Njと今回の切り換え段Njとを補間した値を用いるようにしてもよい。

【0027】前記図4のステップ106の処理後、ステップ108にて「ロール剛性配分比決定ルーチン」を実行する。この「ロール剛性配分比決定ルーチン」は、車両旋回時に車体の実ヨーレート γ を目標ヨーレート γ^* （車両走行にとって理想的なヨーレートを意味する）に等しくする目標ロール剛性配分比（フロントロール剛性配分値Rf対リアロール剛性配分値1-Rf）を決定するルーチンで、図8に詳細に示されているように、実際には前輪用のフロントロール剛性配分値Rfを計算する。マイクロコンピュータ46はこの「ロール剛性配分比決定ルーチン」の実行をステップ300にて開始し、ステップ302にて目標ヨーレート γ^* を計算するための目標ヨーレート γ^* の定常値 γ_0 及び時定数 τ を決定する。この場合、マイクロコンピュータ46内のROMに設けられていて図9、10に示すような変化特性の定常値テーブル及び時定数テーブルがそれぞれ参照されて、前記ステップ104の処理により入力した車速Vに対応した定常値 γ_0 及び時定数 τ が決定される。次に、ステップ304にて、下記数5の演算の実行により、目標ヨーレート γ^* を計算する。

【0028】

【数5】

$$\gamma^* = \frac{\gamma_0}{1 + \tau \cdot s} \cdot \theta f$$

【0029】ここで、 θf は前記ステップ104の処理により入力した操舵角であり、 s はラプラス演算子である。この目標ヨーレート γ^* の計算後、ステップ306にて下記数6の演算の実行によりフロントロール剛性配分値Rfを計算する。

【0030】

【数6】 $Rf = Rf0 - Kr$

・ γ

・ $(\gamma^* - \gamma)$

ここで、Rf0は予め決められたフロントロール剛性配分基準値（ $Ms \cdot dX1/dt = Ks1 \cdot X4 + Ks2 \cdot X5 + Ks3 \cdot X6 + Ks4 \cdot X7 - Ch \cdot X1$

$$l_{yy} \cdot dX2/dt = -Lf \cdot (Ks1 \cdot X4 + Ks4 \cdot X7) + Lr \cdot (Ks2 \cdot X5 + Ks3 \cdot X6) - Cp \cdot X2$$

$$l_{xx} \cdot dX3/dt = (Tf/2) \cdot Ks1 \cdot X4 + (Tr/2) \cdot Ks2 \cdot X5 - (Tf/2) \cdot Ks4 \cdot X7 - (Tr/2) \cdot Ks3 \cdot X6 + (Kf/Tf) \cdot (X4 - X7) + (Kr/Tr) \cdot (X5 - X6) - Cr \cdot X2$$

（正数）である。なお、前記数6の計算結果であるフロントロール剛性配分値Rfは1未満の正数を表す値となる。前記ステップ306の処理後、ステップ308にてこの「ロール剛性配分比決定ルーチン」を終了する。

【0031】前記数6の物理的意味について説明を加えておく。本実施例に係る車両がアンダステア傾向にあれば、車両が左旋回しても右旋回しても、目標ヨーレート γ^* の絶対値 $|\gamma^*|$ は実ヨーレート γ の絶対値 $|\gamma|$ に比べて大きくなる。この場合、乗算値 $\gamma \cdot (\gamma^* - \gamma)$ は

必ず正になるとともにアンダステア傾向が増加するにしたがって大きくなるので、フロントロール剛性配分値Rfはアンダステア傾向の増加にしたがって小さくなる。また、逆に、車両がオーバステア傾向にあれば、車両が左旋回しても右旋回しても、目標ヨーレート γ^* の絶対値 $|\gamma^*|$ は実ヨーレート γ の絶対値 $|\gamma|$ に比べて小さくなる。この場合、乗算値 $\gamma \cdot (\gamma^* - \gamma)$ は必ず負にな

るとともにオーバステア傾向が増加するにしたがって小さくなるので（その絶対値は大きくなるので）、フロントロール剛性配分値Rfはアンダステア傾向の増加にしたがって大きくなる。これにより、フロントロール剛性配分値Rf（目標ロール剛性配分比）は、車両旋回時の実ヨーレート γ が目標ヨーレート γ^* に等しくなるように、車両のステアリング特性を制御する値を示すことになる。

【0032】ふたたび「メインプログラム」の説明に戻り、前記図4のステップ108の処理後、ステップ110にて「目標減衰力計算ルーチン」を実行する。この「目標減衰力計算ルーチン」は、前記検出（推定）したばね上状態量（車体のヒープ速度X1、ピッチ角速度X2及びロール角速度X3）に対してスカイフック理論による理想的な減衰係数を付与するとともに、前輪と後輪とのロール剛性配分が前記計算した目標ロール剛性配分比になるように、ショックアブソーバ12a～12dの各目標減衰力F1～F4を決定するもので、その詳細は図11に示されている。図11の「目標減衰力計算ルーチン」の具体的な処理を説明する前に、同処理に用いられる制御手法について説明しておく。

【0033】まず、図15に示すような車両の数学的モデルを想定するとともに、車体のヒープ速度X1、ピッチ角速度X2及びロール角速度X3に対するスカイフック理論による理想的な各減衰係数をCh、Cp、Crとすると、スカイフックダンパによる規範モデルの運動方程式は下記数7のように表される。

【0034】

【数7】

【0035】一方、実車両における運動方程式は下記数8のように表される。

$$M_s \cdot dX1/dt = Ks1 \cdot X4 + Ks2 \cdot X5 + Ks3 \cdot X6 + Ks4 \cdot X7 + F1 + F2 + F3 + F4$$

$$I_{yy} \cdot dX2/dt = -L_f \cdot (Ks1 \cdot X4 + Ks4 \cdot X7) + L_r \cdot (Ks2 \cdot X5 + Ks3 \cdot X6) - L_f \cdot (F1 + F4) + L_r \cdot (F2 + F3)$$

$$I_{xx} \cdot dX3/dt = -(T_f/2) \cdot Ks1 \cdot X4 + (T_r/2) \cdot Ks2 \cdot X5 - (T_f/2) \cdot Ks4 \cdot X7 - (T_r/2) \cdot Ks3 \cdot X6 + (T_f/2) \cdot (F1 - F4) + (T_r/2) \cdot (F2 - F3) + (K_f/T_f) \cdot (X4 - X7) + (K_r/T_r) \cdot (X5 - X6)$$

【0037】ここで、 M_s は車体の質量であり、 I_{yy} は車体のピッチ慣性モーメントであり、 I_{xx} は車体のロール慣性モーメントであり、 $Ks1$ 、 $Ks2$ 、 $Ks3$ 、 $Ks4$ はそれぞれ各サスペンション装置10A～10Dのばね定数であり、 K_f 、 K_r はそれぞれ前輪側及び後輪側の各スタイピライザのばね定数であり、 T_f 、 T_r はそれぞれフロント及びリアトレッドであり、 L_f 、 L_r はそれぞれ車体重心とフロント及びリア車軸との距離である。

【0038】次に、前記数7、8で表された車両の運動方程式が等価になる条件を求めると、同条件は下記数9

$$R_f \cdot \{(T_f/2) \cdot (Ks1 \cdot X4 - Ks4 \cdot X7 + F1 - F4) + (K_f/T_f) \cdot (X4 - X7)\} = (1 - R_f) \cdot \{(T_r/2) \cdot (Ks2 \cdot X5 - Ks3 \cdot X6 + F2 - F3) + (K_r/T_r) \cdot (X5 - X6)\}$$

【0041】これらの数9、10を行列表現すると、下記数11のように表される。

【0042】

【数11】

$$\begin{bmatrix} F1 \\ F2 \\ F3 \\ F4 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} -Ch \cdot X1 \\ -Cp \cdot X2 \\ -Cr \cdot X3 \\ Q \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -L_f & L_r & L_r & -L_f \\ T_f/2 & T_r/2 & -T_r/2 & -T_f/2 \\ R_f \cdot T_f/2 & -(1 - R_f) \cdot T_r/2 & (1 - R_f) \cdot T_r/2 & -R_f \cdot T_f/2 \end{bmatrix}^{-1}$$

【0045】

$$Q = -R_f \cdot \{(T_f/2) \cdot (Ks1 \cdot X4 - Ks4 \cdot X7) + (K_f/T_f) \cdot (X4 - X7)\} + (1 - R_f) \cdot \{(T_r/2) \cdot (Ks2 \cdot X5 - Ks3 \cdot X6) + (K_r/T_r) \cdot (X5 - X6)\}$$

【0046】そして、前記数11のような減衰力 $F1 \sim F4$ はばね上状態量（車体のヒープ速度 $X1$ 、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ ）に対してスカイフック理論による理想的な減衰力を付与できるとともに、前輪と後輪とのロール剛性配分を目標ロール剛性配分に設定できる。

【0047】次に、図11の「目標減衰力計算ルーチン」の具体的な処理について説明すると、マイクロコンピュータ46は同ルーチンの実行をステップ400にて開始し、ステップ402にて前記行列 P を決定する。この場合、行列 P の各要素を計算するようにしてもよいが、本願実施例においては、フロントロール剛性配分值 R_f を M 個（2以上の整数）に分割して M 個のテーブルデータをマイクロコンピュータ46内のROMに予め記

【0036】

【数8】

【0039】

【数9】 $F1 + F2 + F3 + F4 = -Ch$

$\cdot X1$

$-L_f$

$\cdot (F1 + F4) + L_r$

$\cdot (F2 + F3) = -Cp$

$\cdot X2$

$(T_f/2)$

$\cdot (F1 - F4) + (T_r/2)$

$\cdot (F2 - F3) = -Cr$

【0043】ただし、行列 P は数12のように表され、

ロール剛性力補助減衰項 Q は下記数13のように表される。

【数10】

【0044】

【数12】

憶しておくことにする。したがって、ステップ402においては、前記ステップ108にて計算したフロントロール剛性配分值 R_f に最も近いテーブルデータをROMから単に読み出すか、または同剛性配分值 R_f の両側の2つのテーブルデータをROMから読み出して同剛性配分值 R_f に応じて補間した行列 P を新たに作成する。次に、ステップ404にて、前記ステップ108にて計算したフロントロール剛性配分值 R_f に基づいて前記数13にしたがってロール剛性力補助減衰項 Q を計算するとともに、同計算した補助減衰項 Q 及び前記ステップ106にて推定した車体のヒープ速度 $X1$ 、ピッチ角速度 $X2$ 及びロール角速度 $X3$ を用いて前記数11にしたがってショックアブソーバ12a～12dの目標減衰力 $F1 \sim F4$ を計

算する。この場合、各減衰係数 Ch 、 Cp 、 Cr はマイクロコンピュータ46内のROMに予め記憶されている。そして、ステップ406にて、この「目標減衰力計算ルーチン」の実行を終了する。

【0048】ふたたび、図4の「メインプログラム」の説明に戻ると、前記ステップ110の目標減衰力 $F1 \sim F4$ の計算後、ステップ112、116、118の処理によりショックアブソーバ12a～12dを表す変数 j を「1」から「4」まで「1」ずつ順次増加させて、ステップ114の「切り替え段決定ルーチン」の実行により同アブソーバ12a～12dの各切り替え段 N_j ($j=1 \sim 4$)を決定する。この「切り替え段決定ルーチン」の詳細は図12に詳細に示されているが、その前に、同ルーチンにて利用される切り替え段決定方法について説明しておく。

【0049】ショックアブソーバ12a～12dの各切り換え段 N ($=1 \sim n$) 毎のストローク速度 Y に対する減衰力 $F(N)$ の特性が図7の実線で表されるとともに、オリフィス領域 $R1$ 及びリーフバルブ領域 $R2$ 、 $R3$ 毎に前記数4の関数式によって折れ線近似できることは前述の通りである。この場合、図7の各切り替え段 N 毎の n 個の実線の中央を通る $n-1$ 個の折れ線（図7に破線で示す）を定義して2つの破線で挟まれた領域を想定し、ストローク速度 Y と減衰力 F で決まる座標が含まれる領域に属する実線に対応した切り換え段 $1 \sim n$ をショックアブソーバ12a～12dの切り換え段数 N として近似する。これらの破線に関し、減衰力 F_k ($k=1 \sim n-1$)とストローク速度 Y とは下記数14のように表される。

【0050】

【数14】

$$F_k = am_0(k)$$

・ Y …オリフィス領域 $R1$

$$F_k = am_1(k)$$

・ $Y - bm_1(k)$ …リーフバルブ領域 $R2$

$$F_k = am_1(k)$$

・ $Y + bm_1(k)$ …リーフバルブ領域 $R3$

ここで、 $am_0(k)$ 、 $am_1(k)$ はオリフィス領域 $R1$ 及びリーフバルブ領域 $R2$ 、 $R3$ における $n-1$ 個の各折れ線の傾きをそれぞれ表し、 $bm_1(k)$ はリーフバルブ領域 $R2$ 、 $R3$ における同各折れ線の y 軸との切片を表し、これらは下記数15のように定義されるものである。

【0051】

$$【数15】 am_0(k) = \{a_0(k+1) + a_0(k)\} / 2$$

$$am_1(k) = \{a_1(k+1) + a_1(k)\} / 2$$

$$bm_1(k) = \{b_1(k+1) + b_1(k)\} / 2$$

なお、前記値 $a_0(k)$ 、 $a_1(k)$ 、 $b_1(k)$ ($k=1 \sim n$)は前述のようにショックアブソーバ12a～12dの各切り替え段 N ($=1 \sim n$) 毎に定まる値であるので、これらの値 $am_0(k)$ 、 $am_1(k)$ 、 $bm_1(k)$ ($k=1 \sim n-1$)も予め決まる定数であり、本願実施例ではマイクロコンピュータ46内のROMに予め記憶されているデータである。

【0052】図12の「切り替え段決定ルーチン」について説明すると、マイクロコンピュータ46は同ルーチ

ンの実行をステップ500にて開始し、ステップ502にて前記ステップ104の処理により入力したストローク速度 Y_j ($j=1 \sim 4$)の大きさを判定する。ストローク速度 Y_j の絶対値 $|Y_j|$ が微小値 ΔY 以下であれば、ステップ502の判定処理により、プログラムをステップ504に進めて同ステップ504にて切り替え段 N_j を「1」に設定して、ステップ548にてこの「切り替え段決定ルーチン」の実行を終了する。このステップ504の処理による切り替え段 N_j の設定は、次に説明するステップ506の演算の分母が「0」になることを防止するためである。

【0053】また、ストローク速度 Y_j の絶対値 $|Y_j|$ が微小値 ΔY より大きくかつ所定値 $Y0$ 以下であれば、ステップ502の判定処理により、プログラムをステップ506以降に進める。ステップ506においては、前記ステップ110の処理により計算した目標減衰力 F_j を前記ステップ104の処理により入力したストローク速度 Y_j で除算することにより、目標減衰力 F_j とストローク速度 Y_j で決まる図7の座標位置 (Y_j, F_j) と原点を結ぶ直線の傾き C を計算する。次に、ステップ508～518の処理により、切り替え段を表す変数 k を「1」から「 n 」まで順次「1」ずつ増加させながら、座標位置 (Y_j, F_j) が図7のオリフィス領域 $R1$ にて各破線 $BL1 \sim BL_{n-1}$ で挟まれたいづれの領域に属するかを判定して、ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段 N_j を決定する。すなわち、座標位置 (Y_j, F_j) が図7のオリフィス領域 $R1$ にて破線 $BL1$ と x 軸との間にあって傾き C が図7の破線 $BL1$ の傾き $am_0(1)$ 以下であれば、変数 k が「1」であるときにステップ510にて「YES」と判定して、ステップ516にて切り替え段 N_j を変数 k ($=1$)に設定する。座標位置 (Y_j, F_j) が図7のオリフィス領域 $R1$ にて破線 $BL1$ 、 $BL2$ の間に位置して傾き C が図7の破線 $BL1$ の傾き $am_0(1)$ より大きくかつ傾き $am_0(2)$ 以下であれば、変数 k が「2」であるときにステップ510にて「YES」と判定して、ステップ516にて切り替え段 N_j を「2」に設定する。以下、同様にして、切り替え段 N_j は「 $n-1$ 」まで設定される。さらに、座標位置 (Y_j, F_j) が図7のオリフィス領域 $R1$ にて破線 BL_{n-1} と y 軸との間にあって傾き C が図7の破線 BL_{n-1} の傾き $am_0(n-1)$ より大きければ、変数 k が「 n 」になった時点でステップ514にて「YES」と判定して、ステップ518にて切り替え段 N_j を「 n 」に設定する。前記ステップ516、518の処理後、ステップ548にてこの「切り替え段決定ルーチン」の実行を終了する。

【0054】また、ストローク速度 Y_j が所定値 $-Y0$ 未満であれば、ステップ502の判定処理により、プログラムをステップ520～532に進める。ステップ520～532の処理により、切り替え段を表す変数 k を「1」から「 n 」まで順次「1」ずつ増加させながら、

目標減衰力 F_j とストローク速度 Y_j で決まる図7の座標位置 (Y_j, F_j) が図7のリーフバルブ領域R2にて図7の各破線BL1~BLn-1で挟まれたいずれの領域に属するかを判定して、ショックアブソーバ12a~12dの切り替え段N_jを決定する。すなわち、座標位置 (Y_j, F_j) が図7のリーフバルブ領域R2にて破線BL1より上側にある、目標減衰力 F_j がステップ522にて計算した減衰力 $F1=am_1(1)$

・ $Y_j - bm_1(1)$ (破線BL1上のストローク速度 Y_j に対応した減衰力に等しい) 以上であれば、変数 k が「1」であるときにステップ524にて「YES」と判定して、ステップ530にて切り替え段N_jを変数 k (=1)に設定する。座標位置 (Y_j, F_j) が図7のリーフバルブ領域R2にて破線BL1、BL2の間に位置していて、目標減衰力 F_j がステップ522にて計算した減衰力 $F2=am_1(2)$

・ $Y_j - bm_1(2)$ 以上であれば (ステップ522にて前回計算した減衰力 $F1=am_1(1)$)

・ $Y_j - bm_1(1)$ より小さい)、変数 k が「2」であるときにステップ524にて「YES」と判定して、ステップ530にて切り替え段N_jを「2」に設定する。以下、同様にして、切り替え段N_jは「n-1」まで設定される。さらに、座標位置 (Y_j, F_j) が図7のリーフバルブ領域R2にて破線BLn-1より下側にある、目標減衰力 F_j がステップ522にて計算した減衰力 $F_{n-1}=am_1(n-1)$

・ $Y_j - bm_1(n-1)$ より小さければ、変数 k が「n」になった時点でステップ528にて「YES」と判定して、ステップ532にて切り替え段N_jを「n」に設定する。前記ステップ530、532の処理後、ステップ548にてこの「切り替え段決定ルーチン」の実行を終了する。

【0055】また、ストローク速度 Y_j が所定値 $Y0$ より大きければ、ステップ502の判定処理により、プログラムをステップ534~546に進める。ステップ534~546の処理においても、切り替え段を表す変数 k を「1」から「n」まで順次「1」ずつ増加させながら、目標減衰力 F_j とストローク速度 Y_j で決まる図7の座標位置 (Y_j, F_j) が図7のリーフバルブ領域R3にて各破線BL1~BLn-1で挟まれたいずれの領域に属するかを判定して、ショックアブソーバ12a~12dの切り替え段N_jを決定する。これらのステップ534~544の処理は前述したステップ520~532の処理とほぼ同様であり、異なる点は、ステップ536にて破線BL1~BLn-1上の減衰力 F_m が演算式 $F_m=am_1(k)$

・ $Y_j + bm_1(k)$ に基づいて計算される点と、ステップ538にて目標減衰力 F_j が減衰力 F_m 以上であるか否かの判定処理を行う点にある。

【0056】ふたたび、図4の「メインプログラム」の説明に戻ると、前記ステップ112~118の切り替え段N1~N4の決定後、ステップ120にて同決定された切り替え段N1~N4を駆動回路47a~47dに出力する。各駆動回路47a~47dは前記切り替え段N1~N4に対応した制御信号をステップモータ34A~34Dに出力する。ステップモータ34A~34Dは前記制

御信号に応答してそれらの各ロータ34aを前記切り替え段N1~N4に対応した回転角まで回転させる。このロータ34aの回転により、オリフィス部材31及び駆動ロッド32が上下動して、各ショックアブソーバ12a~12dの切り替え段が前記決定された切り替え段N1~N4にそれぞれ設定される。その結果、各ショックアブソーバ12a~12dの減衰力が図7の実線にしたがったものに設定される。

【0057】次に、上述した「切り替え段決定ルーチン」の変形例について説明する。この変形例は、図14に示すように、リーフバルブ領域R2、R3におけるストローク速度 Y に対する減衰力 F の変化特性線の傾きを一定にしても、ショックアブソーバ12a~12dの減衰力に大きな誤差が含まれないことに鑑みてなされるものである。この場合、ショックアブソーバ12a~12dの減衰力 F を、同アブソーバ12a~12dの各切り替え段N毎に、下記数16を用いて近似計算することにする。

【0058】

【数16】

$F(N) = a_0(N)$

・ Y …オリフィス領域R1

$F(N) = a_1$

・ $Y - b_1(N)$ …リーフバルブ領域R2

$F(N) = a_1$

・ $Y + b_1(N)$ …リーフバルブ領域R3

ここで、 $a_0(N)$ 、 a_1 はオリフィス領域R1及びリーフバルブ領域R2、R3における折れ線の各傾きをそれぞれ表し、 $-b_1(N)$ 、 $+b_1(N)$ はリーフバルブ領域R2、R3における折れ線の y 軸との切片を表し、括弧内の N は1~nに渡って変化するショックアブソーバ12a~12dの各切り替え段を表す。

【0059】この変形例においても、図14の各切り替え段N毎のn個の実線の中央を通るn-1個の折れ線(図14に破線で示す)を定義して2つの破線で挟まれた領域を想定し、ストローク速度 Y と減衰力 F で決まる座標が含まれる領域に属する実線に対応した切り替え段1~nをショックアブソーバ12a~12dの切り替え段数として近似する。これらの破線に関し、減衰力 F_k ($k=1\sim n-1$)とストローク速度 Y とは下記数17のように表される。

【0060】

【数17】

$F_k = am_0(k)$

・ Y …オリフィス領域R1

$F_k = a_1$

・ $Y - bm_1(k)$ …リーフバルブ領域R2

$F_k = a_1$

・ $Y + bm_1(k)$ …リーフバルブ領域R3

ここで、 $am_0(k)$ はオリフィス領域R1におけるn-1個の各折れ線(図14の実線)の傾きをそれぞれ表し、 $bm_1(k)$ はリーフバルブ領域R2、R3における同各折れ線(図14の実線)の y 軸との切片を表し、これらは下記数18のように定義されるものである。

【0061】

【数18】 $am_0(k) = \{a_0(k+1) + a_0(k)\} / 2$

$bm_1(k) = \{b_1(k+1) + b_1(k)\} / 2$

なお、前記値 $a_0(k)$ 、 $b_1(k)$ ($k=1 \sim n$) は前述のようにショックアブソーバ12a～12dの各切り替え段毎に定まる値であるので、これらの値 $am_0(k)$ 、 $bm_1(k)$ ($k=1 \sim n-1$) も予め決まる定数であり、本願実施例ではマイクロコンピュータ46内のROMに予め記憶されているデータである。

【0062】次に、これらの近似法を用いた変形例に係る図13の「切り替え段決定ルーチン」について説明すると、マイクロコンピュータ46は同ルーチンの実行をステップ600にて開始し、ステップ602にて上記実施例の場合と同様にストローク速度 Y_j ($j=1 \sim 4$) の大きさを判定する。ストローク速度 Y_j の絶対値 $|Y_j|$ が微小値 ΔY 以下の場合も、同絶対値 $|Y_j|$ が微小値 ΔY より大きくかつ所定値 Y_0 以下の場合も、上記ステップ502～518の処理と同一なステップ602～6018の処理により、切り替え段 N_j を決定する。

【0063】一方、ストローク速度 Y_j が所定値 $-Y_0$ 未満であれば、ステップ602の判定処理により、プログラムをステップ620に進める。ステップ620においては、下記数19の演算により、目標減衰力 F_j とストローク速度 Y_j で決まる図14のリーフバルブ領域R2内の座標位置 (Y_j, F_j) から傾き a_1 で y 軸に延ばした直線の y 軸切片 b を計算する。

【0064】

【数19】 $b = a_1$
 $\cdot Y_j - F_j$

次に、ステップ622～632の処理により、切り替え段を表す変数 k を「1」から「 n 」まで順次「1」ずつ増加させながら、座標位置 (Y_j, F_j) が図14のリーフバルブ領域R2にて各破線 $BL1 \sim BLn-1$ で挟まれたいずれの領域に属するかを判定して、ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段 N_j を決定する。そして、この場合には、ステップ624にて、前記計算した切片 b が予め記憶されている図14の各破線 $BL1, BL2 \dots BLn-1$ の y 軸切片 $-bm_1(k)$ ($k=1 \sim n-1$) 以上である否かの判定処理により、前記座標位置 (Y_j, F_j) が含まれる領域の決定を行う。他の動作は上記実施例とほぼ同様であるので、その説明を省略する。

【0065】また、ストローク速度 Y_j が所定値 Y_0 より大きければ、ステップ602の判定処理により、プログラムをステップ634に進める。ステップ634においては、下記数20の演算により、目標減衰力 F_j とストローク速度 Y_j で決まる図14のリーフバルブ領域R3内の座標位置 (Y_j, F_j) から傾き a_1 で y 軸に延ばした直線の y 軸切片 b を計算する。

【0066】

【数20】 $b = F_j - a_1$
 $\cdot Y_j$

次に、ステップ636～646の処理により、切り替え

段を表す変数 k を「1」から「 n 」まで順次「1」ずつ増加させながら、座標位置 (Y_j, F_j) が図14のリーフバルブ領域R2にて各破線 $BL1 \sim BLn-1$ で挟まれたいずれの領域に属するかを判定して、ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段 N_j を決定する。そして、この場合には、ステップ638にて、前記計算した切片 b が予め記憶されている図14の各破線 $BL1, BL2 \dots BLn-1$ の y 軸切片 $bm_1(k)$ ($k=1 \sim n-1$) 以下である否かの判定処理により、前記座標位置 (Y_j, F_j) が含まれる領域の決定を行う。したがって、この変形例においても、ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段 N_j が折れ線近似により設定される。

【0067】なお、上記実施例及び変形例に係る折れ線近似法により、ショックアブソーバのストローク速度-減衰力特性の非線形性が同アブソーバの伸び側及び縮み側の特性の違いなどで良好に近似できない場合には、ストローク速度に対する領域の分割数をさらに多くすることも計算速度の許す限り可能である。

【0068】以上のような動作説明からも理解できるとおり、上記実施例又はその変形例によれば、次のような特徴を有する。まず、ばね上状態量検出手段としてのステップ106の「ばね上状態量推定ルーチン」の処理により、車体のばね上状態量すなわち車体のヒープ速度 X_1 、ピッチ角速度 X_2 及びロール角速度 X_3 が、各車輪位置における車体BDの各車輪WHに対するストローク速度 $Y1 \sim Y4$ 又はストローク変位量 $Y5 \sim Y8$ とショックアブソーバ12a～12dの設定減衰力 $F1 \sim F4$ を用いたカルマンフィルタ演算により推定される。これにより、ばね上部材の加速度のような精度よく検出することが困難な物理量を用いることなく、ばね上状態量を検出することが可能になり、ショックアブソーバ12a～12dの制御精度を向上させることができる。

【0069】また、旋回走行状態検出手段としてのヨーレートセンサ42、車速センサ43及び操舵角センサ44により車両の旋回走行状態量が検出され、ロール剛性配分比決定手段としてのステップ108の「ロール剛性配分比決定ルーチン」の処理により、同旋回走行状態量に基づいて車体BDの実ヨーレート γ が目標ヨーレート γ^* になるような目標ロール剛性配分比（フロントロール剛性配分値 R_f ）が決定される。さらに、減衰力計算手段としてのステップ110の「目標減衰力計算ルーチン」の処理により、車体BDのヒープ速度 X_1 、ピッチ角速度 X_2 及びロール角速度 X_3 に所定の減衰力を付与するとともに、前輪と後輪とのロール剛性配分が同決定した目標ロール剛性配分比になるように各ショックアブソーバ12a～12dの目標減衰力 $F1 \sim F4$ が計算される。そして、切り替え段決定手段としてのステップ114の「切り替え段決定ルーチン」の処理により、ストローク速度検出手段としてのストロークセンサ41a～41d及び微分器45a～45dによって検出したストローク速度

Y1～Y4と前記計算した減衰力F1～F4とに基づいて切り替え段N1～N4が決定され、かつ制御手段としてのステップ120の処理及び駆動回路47a～47dにより、ショックアブソーバ12a～12dが前記決定した切り替え段N1～N4に設定される。その結果、車体のばね上状態量としての車体のヒープ速度X1、ピッチ角速度X2及びロール角速度X3によるショックアブソーバ12a～12dの減衰係数の制御に、前輪と後輪とのロール剛性配分比によるショックアブソーバの12a～12dの減衰係数の制御が加えられる。

【0070】また、近似手段を構成する「切り替え段決定ルーチン」（図12）においては、ショックアブソーバ12a～12dのストローク速度Y1～Y4に対する減衰力F1～F4の変化特性を良好に表す折れ線近似を用いて、ショックアブソーバ12a～12dの切り替え段N1～N4が決定されるので、切り替え段N1～N4の決定のための演算が簡単になる。さらに、図13に示す「切り替え段決定ルーチン」においては、所定のストローク速度Y0以上の直線の傾きを一定にしたので、切り替え段N1～N4の決定のための演算がより簡単になる。

【0071】

【発明の効果】上記のように構成した本発明の特徴によれば、ショックアブソーバの減衰力の制御に前輪と後輪とのロール剛性配分比による制御を加えて、車体の実ヨーレートと目標ヨーレートとが等しくなるように前輪と後輪とのロール剛性を配分するようにしたので、車両の操安性、特に旋回時の操安性が良好になる。

【0072】また、本発明の他の特徴によれば、ストローク変位量又はストローク速度とショックアブソーバの設定減衰力とを用いたカルマンフィルタ演算により、ばね上部材（車体）の加速度を検出する加速度センサを用いずに、車体のヒープ速度、ピッチ角速度及びロール角速度すなわちばね上速度成分を検出するようにしたので、同ばね上速度成分の検出精度を良好にでき、ひいてはショックアブソーバの制御精度を向上させることができる。

【0073】さらに、本発明の他の特徴によれば、ショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性を良好に表す折れ線近似にしたがって、ショックアブソーバの減衰係数の切り替え段を決定するようにしたので、簡単かつ精度よくショックアブソーバの減衰係数の切り替え段を決定できる。

【図1】 本発明の一実施例に係る車両の概略図である。

【図2】 図1のショックアブソーバの要部を示す断面図である。

【図3】 図2のステップモータを制御するための電気制御装置のブロック回路図である。

【図4】 図3のマイクロコンピュータにて実行される「メインプログラム」のフローチャートである。

【図5】 図4の「ばね上状態量推定ルーチン」を詳細に示すフローチャートである。

【図6】 ショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性を示すグラフである。

【図7】 ショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性を折れ線近似したグラフである。

【図8】 図4の「ロール剛性配分比決定ルーチン」を詳細に示すフローチャートである。

【図9】 車両旋回時に発生するヨーレートの定常項の車速に対する変化特性を示すグラフである。

【図10】 車両旋回時に変化するヨーレートの時定数の車速に対する変化特性を示すグラフである。

【図11】 図4の「目標減衰力計算ルーチン」を詳細に示すフローチャートである。

【図12】 図4の「切り替え段決定ルーチン」を詳細に示すフローチャートである。

【図13】 前記「切り替え段決定ルーチン」の変形例を詳細に示すフローチャートである。

【図14】 前記変形例に係るショックアブソーバのストローク速度に対する減衰力の変化特性を折れ線近似したグラフである。

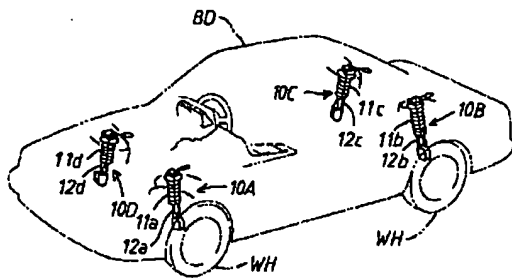
【図15】 車両の運動を説明するための車両の数学的モデルを示す概略図である。

【符号の説明】

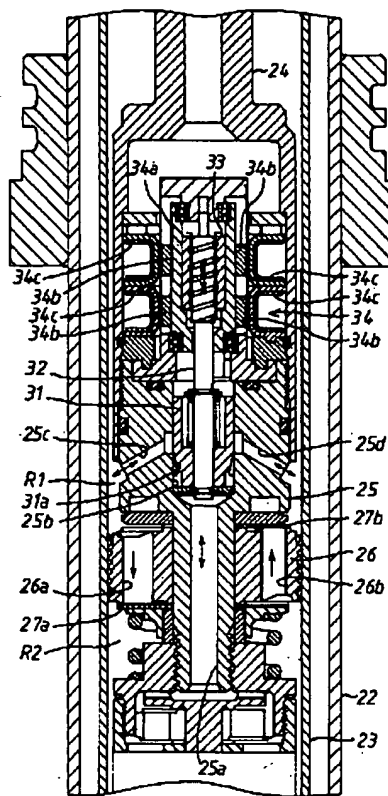
B D…車体、W H…車輪、10 A～10 D…サスペンション装置、11 a～11 d…スプリング、12 a～12 d…ショックアブソーバ、22、23…シリンダ、25 a～25 d…油路、26…ピストン、26 a、26 b…油路、27 a、27 b…リーフバルブ、31…オリフィス部材、34、34 A～34 D…ステップモータ、41 a～41 d…ストロークセンサ、42…ヨーレートセンサ、43…車速センサ、44…操舵角センサ、45 a～45 b…微分器、46…マイクロコンピュータ、47 a～47 d…駆動回路。

【図面の簡単な説明】

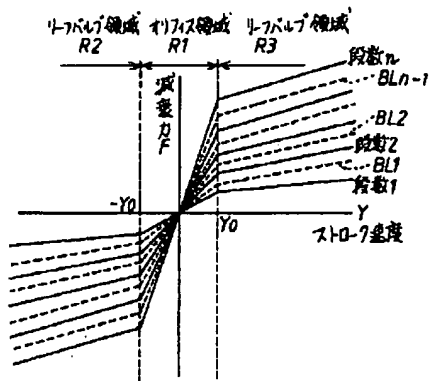
【図 1】



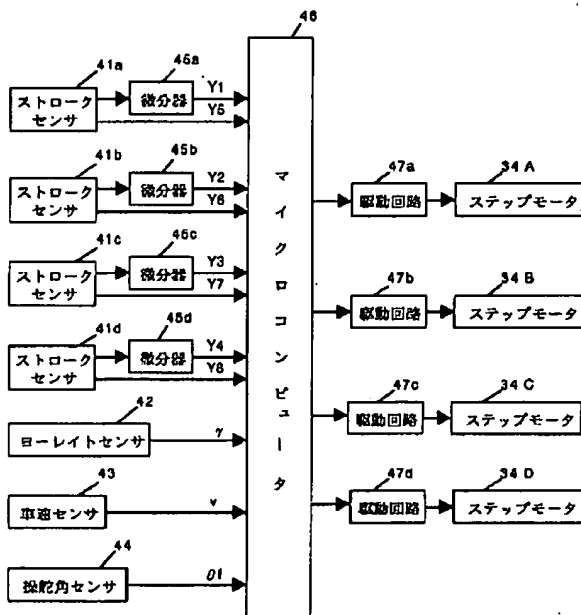
【図 2】



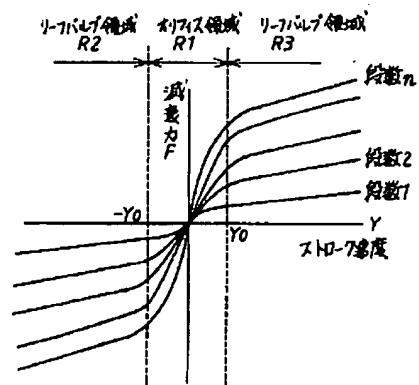
【図 7】



【図 3】

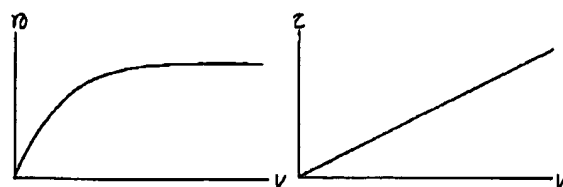


【図 6】

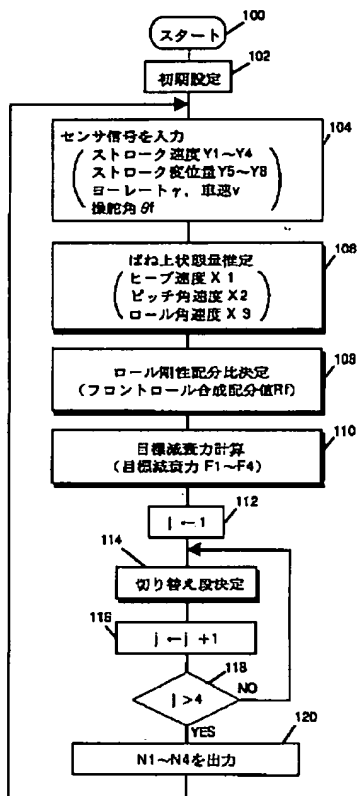


【図 9】

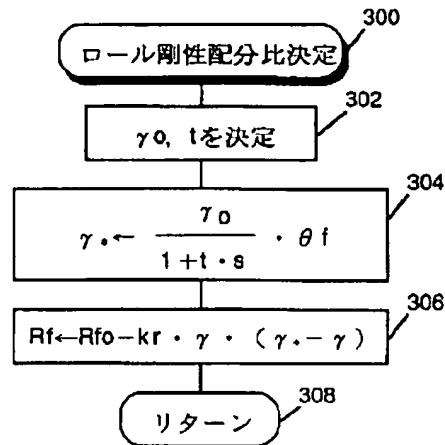
【図 10】



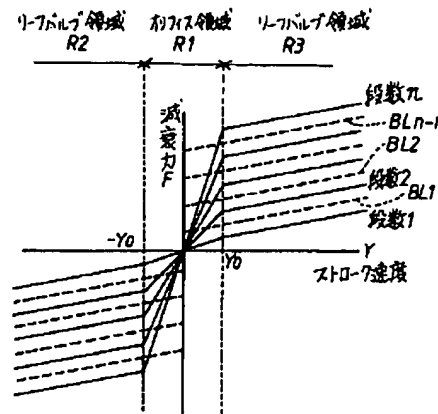
【図 4】



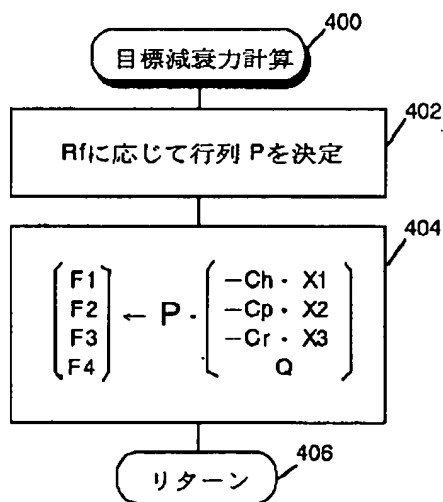
【図 8】



【図 1 4】

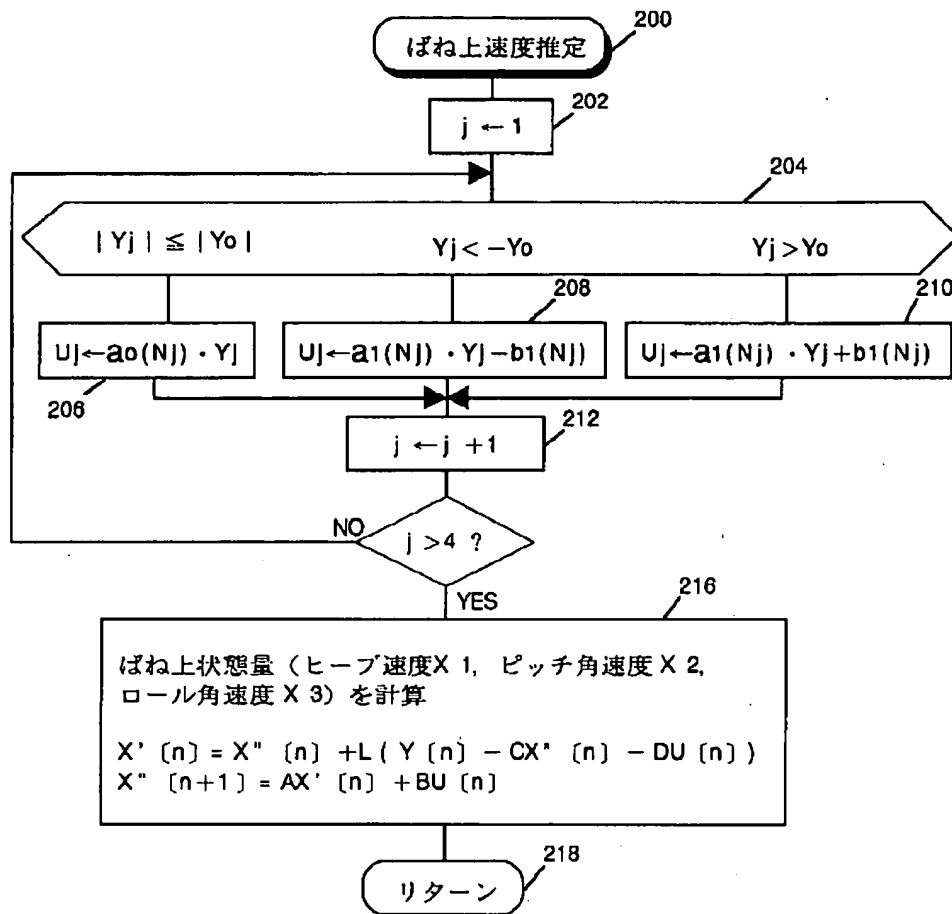


【図 1 1】

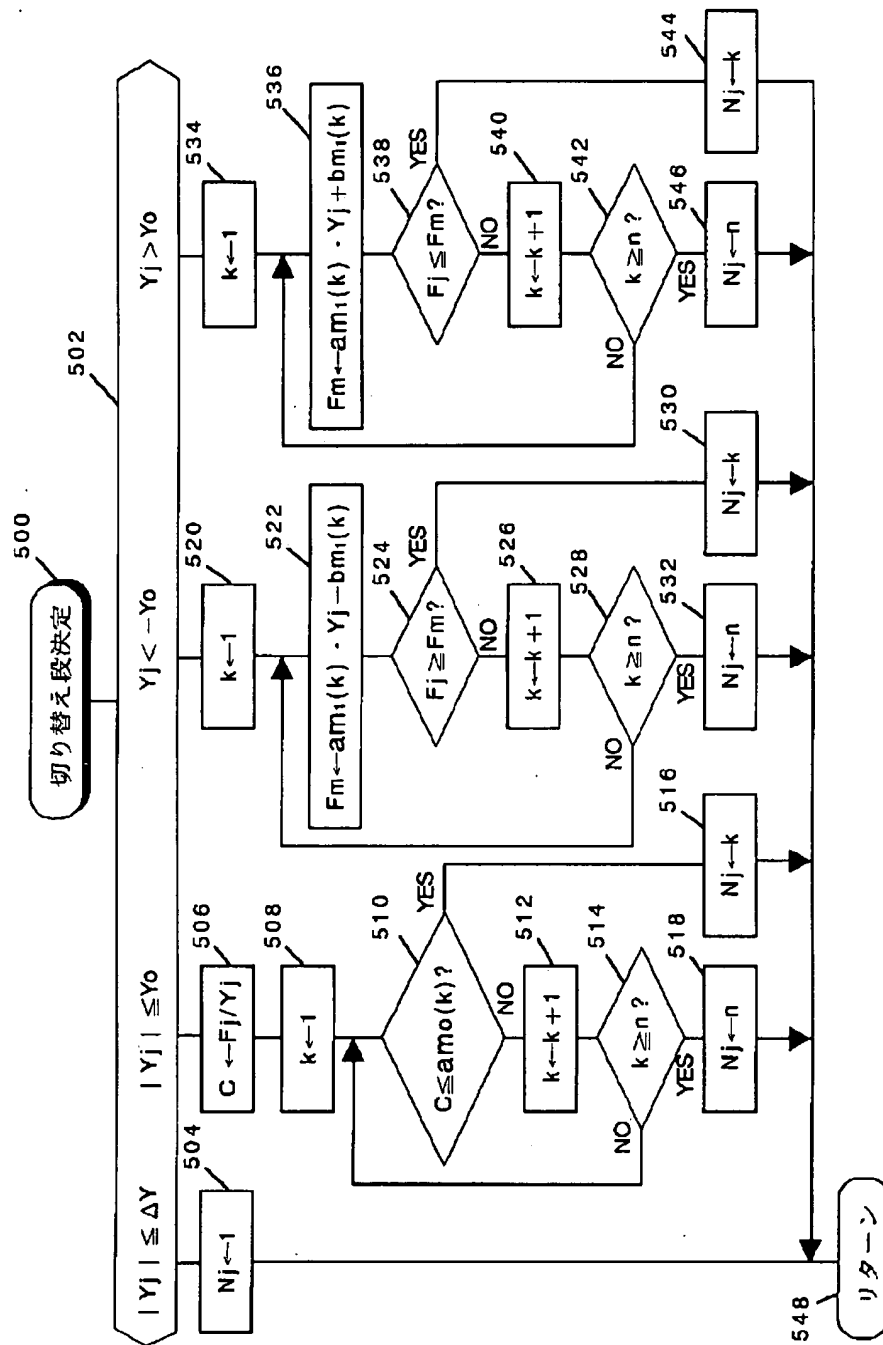


BEST AVAILABLE COPY

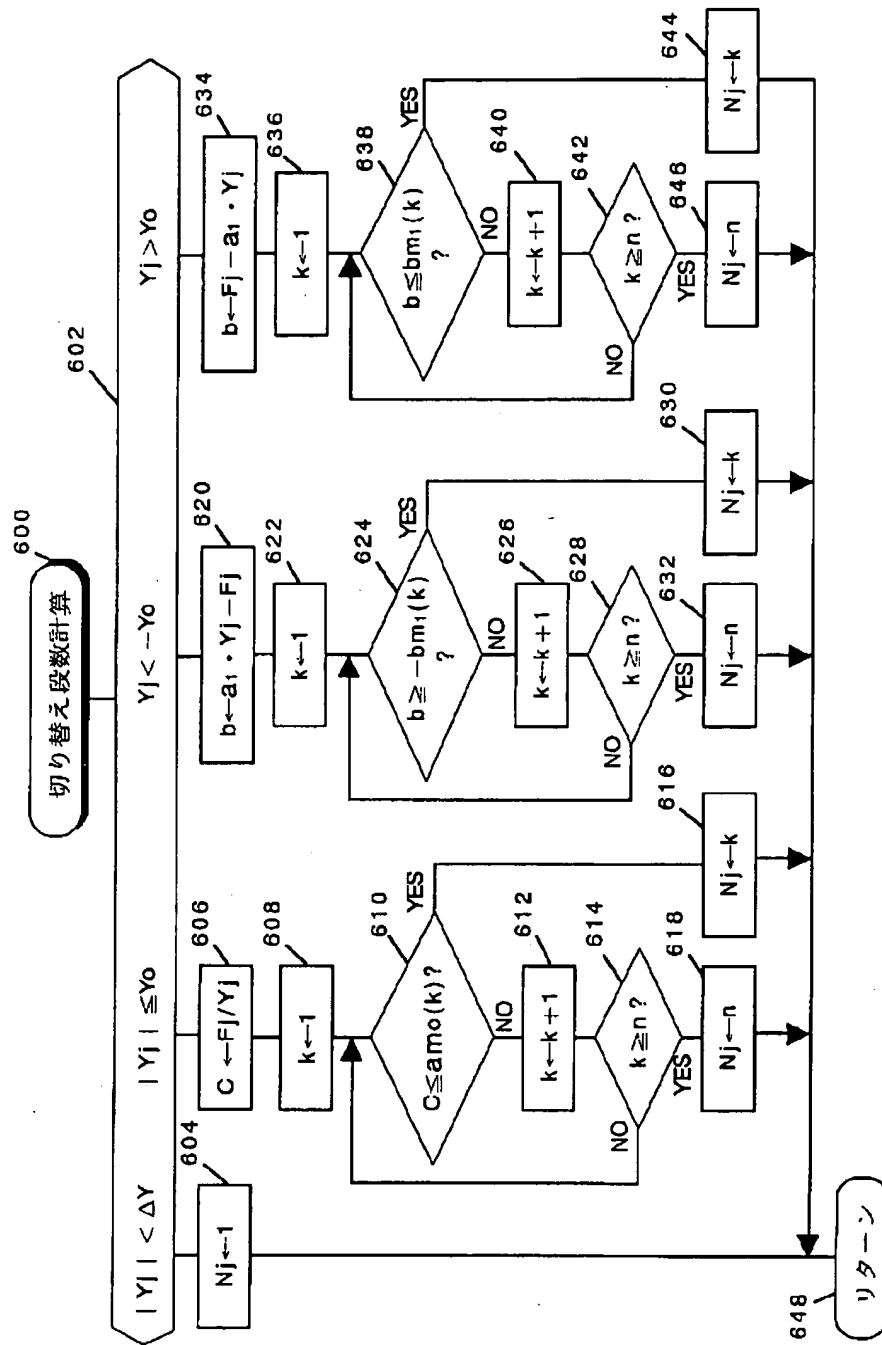
【図5】



【図12】



【図13】



【図 1.5】

